

工人技术读物

工厂常用设备

电气控制

鞠传贤 姜 泓 夏志良 编
陈达昭 刘思敏 王子其

GONG
REN
JI
SHU
DU
WU

四川人民出版社

工厂常用设备电气控制

鞠传贤

姜泓

夏志良

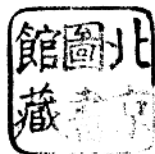
陈达昭

刘思敏

王子其

四川人民出版社

一九八二年



B 022974

责任编辑：崔泽海
封面设计：易 燕

工厂常用设备电气控制

四川人民出版社出版 (成都盐道街三号)
新华书店重庆发行所发行 重庆印制一厂印刷

开本 787×1092毫米 1/16 印张36.25 插页22 字数826千
1982年12月第一版 1982年12月第一次印刷
印数：1—14,200册

书号：15118·71 定价：3.12元

前 言

职工教育是我国教育事业的组成部分，是提高职工科学文化水平和培养技术、管理人员的重要途径。随着国民经济的不断发展，我市职工队伍增长快，变化大，其中青工占职工总数的百分之六十以上。他们对科学知识和生产技能极为缺乏，不能适应“四化”建设需要。为了解决这一尖锐的矛盾，面向生产，满足广大职工渴望学习科技知识的迫切要求，近十多年来，特别是在党的十一届三中全会确定全党工作的重点和全国人民的注意力转移到社会主义现代化建设上以来，重庆市劳动人民文化宫，有计划地邀请本市大、中专院校老师和科研单位，厂矿企业的科研、工程技术人员，举办了大量的各种生产技术知识训练班。其中曾先后举办七期关于机床设备、加热设备和运输设备等电气控制的训练班，培训了上千名的在职电工，使他们的理论知识、基本技能得到显著提高，对生产有很大促进。不少学员对现有设备运行中的问题作了革新改进，收效甚大，深受职工欢迎，得到厂矿好评。为了配合职工教育需要，不少工人要求将训练班所用讲义，整理出版，公开发行。

在四川人民出版社、重庆钢铁学校、重庆机器制造学校、重庆五一技工校和重庆七一仪表厂、重庆第三机床厂等单位的大力支持下，派定原讲授老师负责在原讲义的基础上，整理提高。经过二年多的编写、试讲、再修改过程，于一九八一年四月召开了审稿会议，对全书进行了严格的审查。与会者基本肯定书稿，提出许多宝贵意见，会后又进行半年多的修改定稿。参加本书审查的有：成都科技大学、重庆大学、成都农机学院、重庆钢铁学校、重庆第二机械工业学校、重庆机器制造学校、重庆五一技工校、四川农业机械学校、重庆工业自动化仪表研究所、重庆钢铁设计院、重庆化工设计室、重庆机械研究所、灌县宁江机床厂、重庆长江电工厂、成都量具刀具厂、重庆前卫仪表厂、重庆空气压缩机厂、重庆建设机床厂、重庆无线电厂、重庆第三钢铁厂、重庆歌乐山矿场、重庆第二电机厂、重庆石油仪修厂、重庆机床厂、重庆第二机床厂、重庆第三机床厂、重庆中南橡胶厂、重庆天原化工厂、重庆造纸厂、西南制药三厂、重庆塑料一厂、重庆第一棉纺厂、重庆铁路分局、重庆矿山机器厂、重庆造船厂、重庆阀门厂、重庆磨床厂、重庆汽车发动机厂等41个学校、科研部门、厂矿单位，在此一并致谢。

本书以应用技术为主，兼顾基础知识，联系生产实际，总结出了许多生产中切实可行的好经验。适宜作为厂矿企业举办短训班和广大青工自学之用，还可作为中等专业学校、技工学校有关专业教学参考。

由于编者水平有限，时间仓促，缺点错误难免，望广大读者批评指正。

(图6—5、11—3、12—2b、c、16—14、19—15、19—28、20—29附书末)

重庆市总工会

一九八二年五月

目 录

第一篇	基础知识	(1)
第一章	电学基础知识	(1)
	第一节 直流电路	(1)
	第二节 电磁学	(8)
	第三节 交流电路	(15)
第二章	工业电子学基础	(36)
	第一节 半导体及P-n结	(36)
	第二节 晶体二极管及其整流作用	(38)
	第三节 单相整流电路	(39)
	第四节 三相整流电路	(47)
	第五节 晶体三极管及其放大作用	(50)
	第六节 低频小信号放大器	(56)
	第七节 放大器中的反馈	(61)
	第八节 功率放大器	(63)
	第九节 直流放大器	(65)
	第十节 晶体三极管的开关作用与反相器	(68)
	第十一节 双稳态触发器	(70)
	第十二节 单稳态触发器	(73)
	第十三节 稳压管及直流稳压电源	(75)
	第十四节 可控硅整流元件	(81)
	第十五节 单相可控整流电路	(85)
	第十六节 三相可控硅整流电路	(89)
	第十七节 可控硅的串并联及其保护	(92)
	第十八节 可控硅触发电路	(96)
	第十九节 单结晶体管及其触发电路	(97)
	第二十节 晶体三极管的触发电路	(101)
	第二一节 电子管的基础知识	(106)
第三章	电力拖动基础知识	(116)
	第一节 直流电动机的工作原理	(116)
	第二节 他励电动机的机械特性	(118)
	第三节 他励直流电动机的调速方法	(126)
	第四节 他励直流电动机的制动状态	(132)
	第五节 F-D机组的机械特性和调速性能	(133)
	第六节 三相异步电动机的转动原理	(140)
	第七节 三相异步电动机的机械特性	(144)
	第八节 三相异步电动机的调速方法	(149)
	第九节 三相异步电动机的制动	(154)

第四章	常用低压电路	(158)
第一节	开关	(158)
第二节	接触器和起动器	(164)
第三节	继电器	(177)
第四节	熔断器	(192)
第二篇	常用金属切削机床控制电路	(196)
第五章	电动机的常用基本控制电路	(196)
第一节	机床电气控制线路图	(196)
第二节	鼠笼式异步电动机常用起动控制电路	(202)
第三节	鼠笼式异步电动机的制动基本控制电路	(217)
第四节	鼠笼式多速异步电动机的调速控制电路	(232)
第六章	车床电路	(256)
第一节	C620型车床	(256)
第二节	C6150型车床	(260)
第三节	C534J立式车床	(261)
第七章	钻床电路	(274)
第一节	Z35型摇臂钻床电路	(274)
第二节	Z3040摇臂钻床控制电路	(281)
第八章	镗床电路	(287)
第九章	磨床电路	(294)
第一节	M7130型卧轴矩台平面磨床	(294)
第二节	具有可控硅——电动机直流调速电路的磨床	(300)
第十章	铣床电路	(311)
第一节	X52K立式铣床电路	(311)
第二节	X62W万能铣床电路	(322)
第十一章	齿轮加工机床	(325)
第一节	YB3120型滚齿机简介	(325)
第二节	YB3120型滚齿机电路的分析	(329)
第十二章	龙门刨床	(337)
第一节	概述	(337)
第二节	电机放大机	(338)
第三节	各控制环节的作用	(342)
第四节	各控制线路的分析	(352)
第五节	电气设备的调试	(359)
第六节	电路故障分析及维修	(362)
第十三章	机床电气维修	(368)
第一节	机床电气设备的维修和保养	(368)
第二节	机床电气设备的故障检修	(372)
第三篇	起重运输机械的电气设备	(376)
第十四章	皮带运输机	(376)

第一节	皮带运输机的一般工作情况	(376)
第二节	皮带运输机的电气设备	(377)
第十五章	桥式起重机	(380)
第一节	概述	(380)
第二节	桥式起重机对电力拖动的要求和冶金起重型电机	(381)
第三节	用凸轮控制器的控制系统	(382)
第四节	用控制屏的控制系统	(390)
第五节	交流起重机控制站	(394)
第六节	桥式起重机整机控制的电路分析	(399)
第七节	起重机用电阻的选配	(403)
第八节	电动葫芦和单桥式起重机	(406)
第十六章	电梯	(408)
第一节	电梯(升降机)的结构和一般控制	(408)
第二节	电梯的保护装置	(411)
第三节	按钮操纵自平式(A.P)货梯的控制原理	(412)
第四节	用手柄开关自平自动式(KPM)货梯的控制原理	(420)
第十七章	架空索道	(425)
第一节	架空索道的一般工作情况	(425)
第二节	索道的负载特性及制动装置	(426)
第三节	主电机的控制系统	(427)
第四篇	电加热设备	(434)
第十八章	电阻炉及远红外线	(434)
第一节	电阻炉的电路结构	(434)
第二节	箱式电炉的简式设计	(441)
第三节	箱式电炉的制作和安装	(445)
第四节	远红外线	(447)
第十九章	电弧炼钢炉电极的自动调节	(452)
第一节	概述	(452)
第二节	可控硅——直流电动机(SCR-ZD)电极自动调节器	(457)
第三节	SCR-ZD调节器的调试与维修	(467)
第四节	可控硅——电磁转差离合器式(SCR-JZTX)电弧炉电极自动调节器	(472)
第二十章	中频感应加热设备	(486)
第一节	概述	(486)
第二节	并联谐振式逆变器	(487)
第三节	三相全控桥式整流器	(498)
第四节	KGPS100-1式中频电源整机电路	(506)
第五节	KG.PS 100-1 电路的调试	(513)

第六节 使用与维修	(518)
第七节 其它形式的中频逆变电源	(526)
第二十一章 高频感应加热设备	(527)
第一节 高频感应加热的基本原理	(527)
第二节 三相不可控整流电路	(530)
第三节 三相可控整流电路	(533)
第四节 电子管振荡器	(539)
第五节 高频振荡器的调整	(544)
第六节 GP-100C ₃ 型高频感应加热设备整机分析	(546)
第七节 GP-100C ₃ 型高频设备的调试	(553)
第八节 设备的维修	(558)
第二十二章 高频介质加热设备	(566)
第一节 高频介质加热的基本原理	(566)
第二节 GD-106型高频介质加热设备	(568)

第一篇 基础知识

第一章 电学基础知识

第一节 直流电路

一、电流、电压和电阻

电路是电流流过的路径。电路由电源、导线、负载、电键而组成。负电荷从电池的负极流出，经过导线和灯泡又回到电池的正极，这样的通路就是电路，如图(1-1)所示。

1. 电流

电流的符号用 I 来表示，常用的单位有：安培(A)、毫安(mA)、微安(μA)等。它们的关系是：

$$1 \text{ 毫安}(mA) = \frac{1}{1000} \text{ 安}(A) = 10^{-3} \text{ 安}(A)$$

$$1 \text{ 微安}(\mu A) = \frac{1}{1000} \text{ 毫安}(mA) = 10^{-3} \text{ 毫安}(mA)$$

$$= \frac{1}{1000000} \text{ 安}(A) = 10^{-6} \text{ 安}(A)$$

在金属导体中，电流实质上是负电荷的运动，负电荷从电源的负极流向正极，但人们习惯上把正电荷运动的方向，作为电流的方向(见图1-2)。

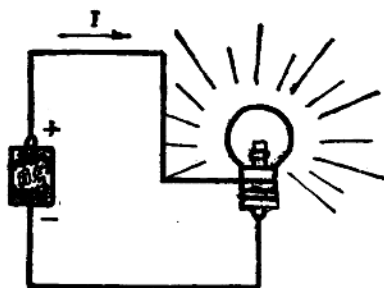


图1-1 简单电路

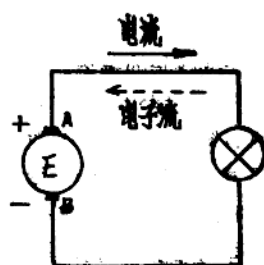


图1-2 电流的方向

电流的大小用电流强度来表示。电流强度指在一定时间内通过导体截面的电荷量的多少来确定。即：

$$I(\text{安培}) = \frac{Q(\text{库伦})}{t(\text{秒})}$$

公式(1-1)表明：电流强度在数值上等于单位时间内通过导体横截面的电量。

2. 电势和电压

电路中的电流要电源来维持，这好比用水泵来维持连续的水流一样（见图1—3）。

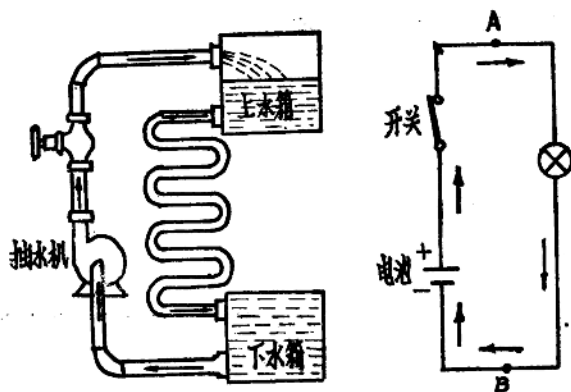


图1—3 水路和电路的比较

水泵能维持连续水流的道理，是由于它能保持两处之间的水位差。在电学中，电源设备和水泵的作用相类似，电源好象一个电子泵，电源能维持连续电流的道理也是由于它能保持在电源两端具有不同的电位差（正极电位高，负极电位低）。在电源外部，电流从高电位的正极流向低电位的负极；在电源内部，借助于电源本身的力量，可使电流从低电位流向高电位。电源内部所产生

推动电流的力量叫做电源电动势，简称电势。每个电源都有一定的电动势，这是电源的属性。电动势反应了电源把其它形式的能量转变成电能的本领。它能使导线（电路）两端产生和维持一定的电位差。电动势的方向是从低电位到高电位，因为是外力克服电场力作功。电动势的符号用 E 表示，单位为伏特。

电路中各点的电位不等，任意两点之间的电位差称为那两点之间的电压。电压的符号用 U 表示，单位为伏特(V)、千伏(KV)、毫伏(mV)。它们的关系是：

$$1 \text{ 毫伏}(mV) = \frac{1}{1000} \text{ 伏}(V) = 10^{-3} \text{ 伏}(V)$$

$$1 \text{ 千伏}(KV) = 1000 \text{ 伏}(V) = 10^3 \text{ 伏}(V)$$

3. 电阻

A. 导体、绝缘体和半导体

假设用一根很长的铜线，与电源和一支适当量程的安培表连接起来，记下电流的数字，然后换一根长度和截面相同的铁线，发现电流的数值减小了；若再换上一根相同长度和截面的塑料线，则电流的数值变到零。这说明不同物质导电的本领是不同的。因此，人们把容易导电的物体称为导体，如铜、铝、铁等；把不易导电的物体称为绝缘体，如木材、云母等；把介于导体和绝缘体间的物体称为半导体，如硅、锗等。

B. 导体的电阻、电阻率

导体内的带电质点在运动的过程中不断地相互碰撞，并还与其它的原子发生碰撞，这样便形成了对带电质点有规则运动的阻力。电阻就是用来描述这个阻力大小的一个物理量。电阻的符号用 R 表示，单位是欧姆(Ω)，常用有千欧($K\Omega$)，兆欧($M\Omega$)等。它们的关系是：

$$1 \text{ 兆欧}(M\Omega) = 1000 \text{ 千欧}(K\Omega) = 10^6 \text{ 欧}(\Omega)$$

$$1 \text{ 千欧}(K\Omega) = 1000 \text{ 欧}(\Omega)$$

导体电阻的大小，决定的因素，一是导体材料的导电性能，一是导体的外形尺寸。

实验指出：同一材料的导体，其电阻与导体的长度成正比，与导体的横截面积成反比。
用公式表示：

$$R(\text{欧}) = \rho(\text{欧毫米}^2/\text{米}) \frac{l(\text{米})}{S(\text{毫米}^2)} \quad (1-2)$$

式中：\$l\$——导体的长度；

\$S\$——导体的横截面积；

\$\rho\$——导体的电阻率。

某种材料的电阻率表示该材料制成长1米，横截面1（毫米）²的导线所具有的电阻。

二、欧姆定律

1. 部分电路的欧姆定律

将电阻\$R\$用两根导线接到电源上（见图1—4），则在电源电压\$U\$的作用下，就有电流\$I\$通过电阻。在一个电路里，如果电阻两端的电压变了，电流会随着改变；如果导体的电阻值变了，电流也会随着改变。原来电阻中的电流，跟电阻两端的电压值成正比，跟电阻值成反比。这是部分电路中电压、电流和电阻的关系，称为部分电路的欧姆定律。

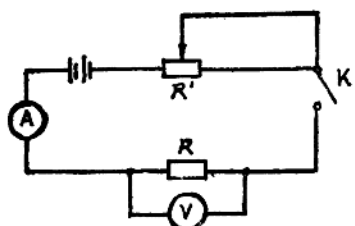


图1—4 欧姆定律的实验

用\$U\$表示电阻两端的电压，\$R\$表示电阻，\$I\$表示电阻中的电流强度，根据欧姆定律可以写成：

$$I(\text{安}) = \frac{U(\text{伏})}{R(\text{欧})} \quad (1-3)$$

2. 全电路的欧姆定律

图（1-5 a）是最简单的完整电路，由电源\$E\$、用电器\$R\$、开关\$K\$及导线组成。电源内存在的电阻称为内电阻，用\$r_0\$表示。为了便于分析，将\$r_0\$画在电源外面，见图1-5(b)。

当把开关合上时，电流就从电源正极流出，经过开关\$K\$、用电器\$R\$与内电阻\$r_0\$，流回电源负极。

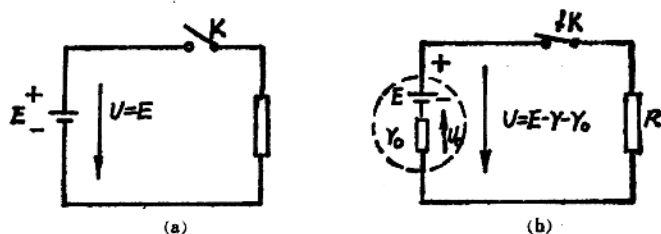


图 1-5 最简单的完整电路

由于在闭合电路中，电压升始终等于电路中的电压降，即：

\$E\$（电源电动势）\$= U\$（电阻\$R\$上的电压降）\$+ U\$（内电阻\$r_0\$上的电压降）。

$$E = IR + Ir_0$$

$$\therefore I = \frac{E}{(R + r_0)} \quad (1-4)$$

上式就是完整（全）电路的欧姆定律。由此可知，电路中流过的电流，其大小与电动势成正比，与全部电阻值成反比。

在电路中有通路、断路、短路三种情况，见图(1-6)。

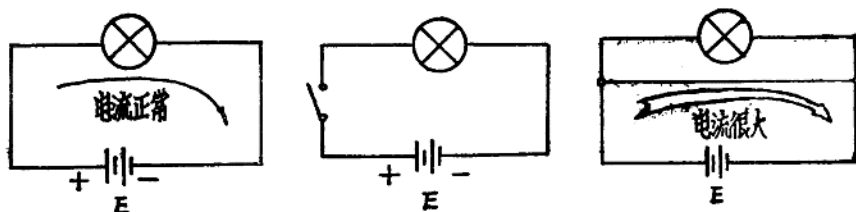


图1-6 通路断路和短路

通路——在一个电路里，有电流流过时，用电器可以正常工作。

断路——电路中有一处以上断开（或开关没接通）。电流通不过，用电器停止工作。

短路——电流不经过用电器而直接回到电源（当短路时 $R=0$ ）。

根据公式(1-4)，则
$$I = \frac{E}{r_0}$$

由于 r_0 非常小，所以发生短路时，回路中的电流比正常情况时电流大很多倍，将会损坏电源，烧毁导线，甚至造成火灾，这是不允许的。

三、电阻的串联和并联

用电器的联接方法，最基本的有串联和并联两种。

1. 串联：凡是把电气设备首尾顺次相联而剩下一个首端和一个尾端的接法叫串联。

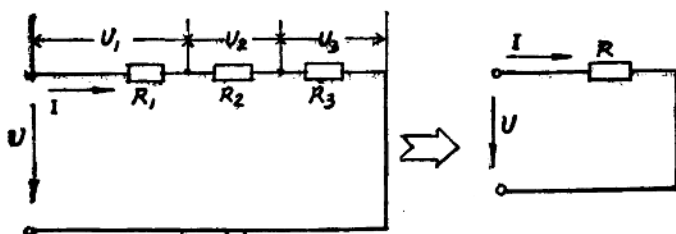


图1-7 串联电路

在图(1-7)串联电路里，各个电阻上的电压分别为 U_1 、 U_2 、 U_3 ，电路中的电流为 I 。

从实验知道：串联电路总量和各分量的关系是：

$$U = U_1 + U_2 + U_3 \quad (1-5)$$

$$I = I_1 = I_2 = \dots = I_n \quad (1-6)$$

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad (1-7)$$

这表明：

串联电路的总电压，等于电路各部分电压之和。

串联电路中各处的电流强度相等。

串联的几个导体的总电阻，等于各导体的电阻之和。

2. 并联：各用电器的首端都联接于电路一点，尾端都接于电路的另一点而形成几条分支电路时接法，叫并联。

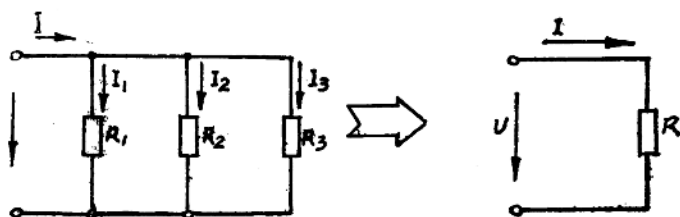


图1-8 并联电路

在图(1-8)并联电路里，各个电阻上的电压均等于 U ，通过各个电阻的电流分别为 I_1 、 I_2 、 I_3 。从实验知道：并联电路总量和各分量的关系是：

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n \quad (1-8)$$

$$U = U_1 = U_2 = \dots = U_n \quad (1-9)$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (1-10)$$

这表明：

并联电路中的总电流强度，等于各支路中电流强度之和。

并联电路中，各支路两端的电压都相等。

并联的几个导体的总电阻的倒数，等于各导体的电阻的倒数之和。

四、电功和电功率

1. 电功

电流通过用电器能够做功，而做功的过程，实际就是电能转化为其它形式的能的过程。电流做了多少功，就表示有多少电能转化成了其它形式的能量。

例如，电流通过起重机的电动机，则电机旋转而提高重物做功。电流做功的过程，即是电能转化成重物的势能的过程，见图(1-9)。

实验指出：电流在一段电路上所做的功，跟这段电路两端的电压、电路中的电流强度和通电时间成正比。

如用 U (伏特) 表示电路两端的电压， I (安培) 表示电路中的电流强度， t (秒) 表示通电时间， W (焦耳) 表示电流所做的功，则可写成：

$$W = UIt = I^2 R t = U^2 / R \cdot t \quad (1-11)$$

电功的实用单位为千瓦时。1 个千瓦时又叫“一度电”。

$$1 \text{ 千瓦时} = 1000 \times 3600 = 3600000 \text{ 焦耳}$$

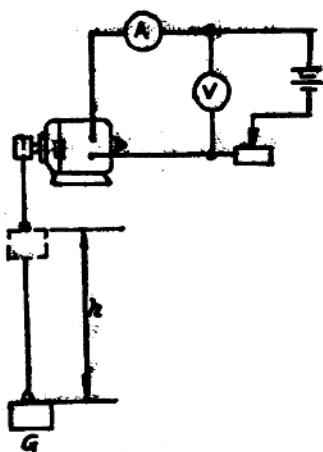


图1-9 电流做功示意图

2. 电器的功率

若要把1500公斤的煤从矿井中提起80公尺，如用起重机来完成这工作只需20秒，如用人力来完成却要12600秒。虽然起重机和人都能完成同样的功，但所需时间则不相等。

电流在单位时间所做的功，称为电功率。公式表达：

$$P = \frac{W}{t} = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R} \dots\dots (1-12)$$

其中，电流的单位为“安培”，电阻的单位为“欧姆”，电压的单位为“伏特”，则电功率 P 的单位为（焦耳/秒）。（焦耳/秒）又叫瓦特。

五、复杂电路的计算（用克希霍夫定律解题）

前面所讨论的简单电路，主要是指电阻串联或并联电路，只要掌握欧姆定律及电阻串并联的公式及分压公式，分流公式等，就能对简单电路进行分析和计算。

但在实践中，会遇到一些这样的电路结构，其中各电阻之间，没有直接的串并联关系，这种电路称为复杂电路，如图（1—10）所示。

这就要求学习一些新的知识如节点电流定律（克希霍夫第一定律）、回路电压定律（克希霍夫第二定律）。

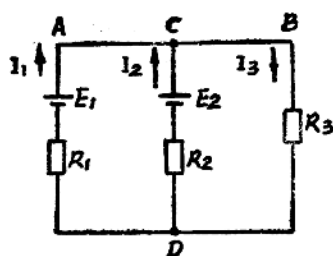


图 1—10 复杂电路

1. 节点电流定律

几条支路所汇集的点称为节点。图（1—10C与D）就是此电路的两个节点。节点愈多，电路愈复杂。

A. 内容：因为电流具有连续性，在电路的任一节点上，均不可能发生电荷持续积累的现象，所以流入节点的电流之和必定等于从该节点流出的电流之和。

B. 表达式：

$$\sum I_{\text{入}} = \sum I_{\text{出}} \dots\dots (1-13)$$

根据 $\sum I_{\text{入}} = \sum I_{\text{出}}$ ，可推得节点电流定律的另一种表达式：

$$\sum I = 0 \dots\dots (1-14)$$

C. 列方程式的步骤

a. 标定电流方向。对已知的电流，则按实际方向标定，对未知的电流，其方向可以任意标定。根据所列方程计算出的电流是正值，表示与实际电流方向相同，否则相反。

b. 选定节点。

c. 当应用公式 $\sum I = 0$ 时，流入节点的电流取“+”值，流出节点的电流取“-”值。

在（图 1—10）的电路中，流入节点C的电流之和是 $I_1 + I_2$ ，从这个节点流出的电流是 I_3 。

根据： $\sum I_{\text{入}} = \sum I_{\text{出}}$ ，即 $I_1 + I_2 = I_3$

例：在（图 1—11）的电路中，五个电流汇集在一个节点。

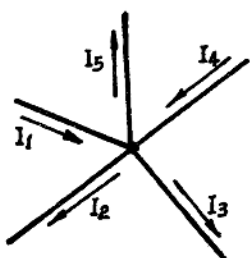


图 1-11 电路中的一个节点

根据: $\Sigma I_{\text{入}} = \Sigma I_{\text{出}}$

则 $I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5$

例: 图(1-12)表示一电桥电路, 已知 $I_1 = 25$ 毫安, $I_3 = 16$ 毫安, $I_4 = 12$ 毫安, 求其余各电阻中的电流。

解: 先任意标定未知电流 I_2 、 I_5 与 I_6 的方向, 如图(1-12)所示。在节点 A 应用节点电流定律, 列出电流方程式:

$$I_1 = I_2 + I_3 \quad I_2 = I_1 - I_3 = 25 - 16 = 9 \text{ 毫安}$$

又分别在节点 B 及 C 应用节点电流定律, 列出电流方程式:

$$I_2 = I_5 + I_6$$

$$I_4 = I_3 + I_6$$

求得 $I_6 = I_4 - I_3 = 12 - 16 = -4$ 毫安

$$I_5 = I_2 - I_6 = 9 - (-4) = 13 \text{ 毫安}$$

其中 I_6 的值为负的, 表示 I_6 的标定方向与实际方向相反。

2. 回路电压定律

电路中任一闭合路径, 称为回路。在图(1-10)的电路中, 左边沿 A、C、D、A 构成一个回路, 右边沿 C、B、D、C 构成一个回路。即从回路中 A 点出发, 按一定的方向沿回路绕行一周, 最后又回到 A 点。由于 A 点和 A 点之间电位差为零, 因而推导出回路电压定律。

A. 内容: 沿一回路所升高的电位, 等于沿此回路所降低的电位。

B. 表达式:

$$\Sigma U_{\text{升}} = \Sigma U_{\text{降}} \dots \dots (1-15)$$

根据 $\Sigma U_{\text{升}} = \Sigma U_{\text{降}}$, 可推得回路电压定律的另一种表达式:

$$\Sigma IR = \Sigma E \dots \dots (1-16)$$

C. 列方程式的步骤

a. 回路的确定: 首先选定回路, 并确定绕行方向, 用弧形箭头画于图上。

b. ΣE 中 E 的正负的确定: 凡回路方向与电势方向相同时, 则该电势取正号, 反之取负号。

c. ΣIR 中 IR 正负的确定: 凡回路方向与电阻上电流方向相同时, 则该电阻上的压降 IR 取正号, 反之取负号。

例: 图(1-10)所示, 根据回路电压定律:

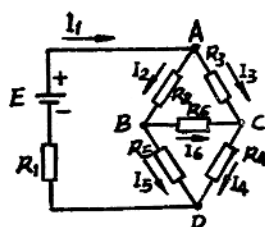


图 1-12 电桥电路

$$\Sigma IR = \Sigma E$$

对于A、C、D、A回路: $E_1 - E_2 = I_1 R_1 - I_2 R_2$

对于C、B、D、C回路: $E_2 = I_2 R_2 + I_3 R_3$

对于A、C、B、D、A回路 $E_1 = I_1 R_1 + I_3 R_3$

例: 已知电路参数如图(1-13), 求各支路电流?

解: 对于C点, 根据节点电流定律:

$$I_1 + I_2 = I_3 \dots\dots (1)$$

对于A、C、D、A回路, 根据回路电压定律:

$$E_1 - E_2 = I_1 R_1 - I_2 R_2 \dots\dots (2)$$

对于C、B、D、C回路, 根据回路电压定律:

$$E_2 = I_2 R_2 + I_3 R_3 \dots\dots (3)$$

将题上给出的数字代入方程后, 再将上面三个方程式联立求解得:

$$I_1 = 10 \text{ 安}, \quad I_2 = -5 \text{ 安}, \quad I_3 = 5 \text{ 安}$$

电流 I_2 为负值时, 说明 I_2 的实际方向与图设的方向相反。

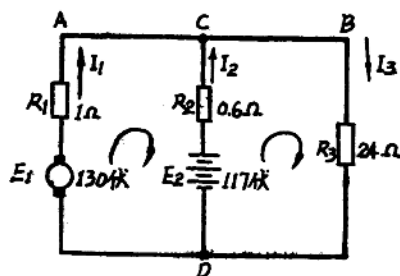


图 1-13 电路图

第二节 电 磁 学

电与磁是电工中两个基本现象, 彼此间有密切联系, 很多电气设备, 如电表、电磁铁、继电器、接触器、变压器和电机等的工作原理, 都是和电、磁有关的。

一、电流产生的磁场

1. 磁体和它的磁场

任何磁钢都有两个磁极, 一个叫南极, 用S表示, 另一个叫北极, 用N表示。小铁钉能被磁钢吸引, 小磁钉在磁钢周围会朝一定方向发生偏转, 这都说明, 磁钢周围的空间存在着“磁场”。两块磁钢通过磁场的相互作用, 具有同极性相斥、异性相吸的特性。



图 1-14 条形磁铁磁力线的分布

现用磁力线来形象化地表示磁场, 如图(1-14)是条形磁铁磁力线的分布。

其特征:

A. 磁场的强弱用磁力线的疏密来表示磁极(N、S处)附近的磁场最强。

B. 在磁钢外部, 磁力线从N极到S极; 在磁钢内部, 磁力线从S极到N极。磁力线不会互相交叉, 始终成闭合回路。

磁场的方向, 可以用小磁针放在该点偏转后N极所指的方向来表示, 也就是磁力线上某点的切线方向。

2. 电流产生的磁场

通过大量的实验认识到：磁现象和电现象之间有着密切的联系。

A. 通有电流的导体附近的磁针，会受到力的作用，而发生偏转，如图(1—15a)所示。

B. 放在蹄形磁铁两极间的载流导体，也会受力而运动，如图(1—15b)所示。

C. 载流导体之间也有相互作用力，当两平行载流直导线的电流方向相同时，它们之间的相互作用力，如图(1—15c)所示。

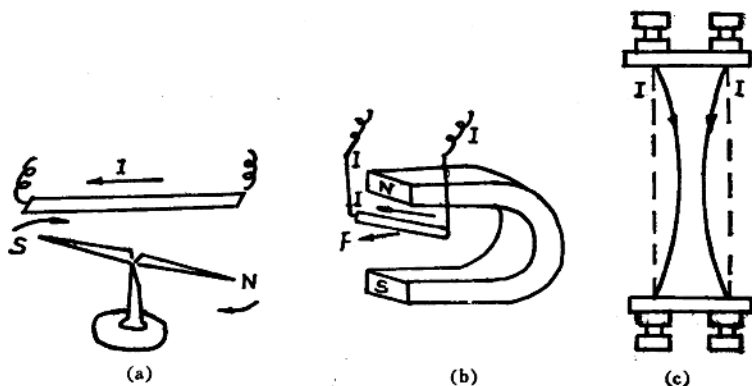


图 1—15 电生磁的几种现象

大量的事实说明，在载流导体（电流）的周围也存在着磁场。

通电导体周围各点的磁场方向与导线中的电流方向，有着密切的关系。

通电导线产生的磁场，由产生磁场的电流方向决定，可用右手螺旋定则来判定。判定的方法是：用右手握住导体，使大指伸直并指向电流方向，其它四指弯曲的方向，就是磁力线回转的方向，见图(1—16a)。

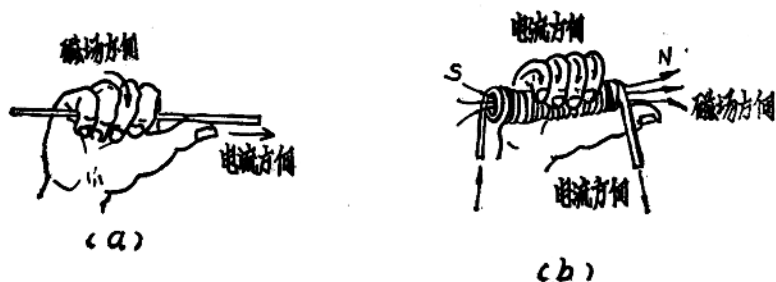


图 1—16 用右手螺旋定则判断磁场方向

对于载流螺线管所产生的磁场方向，也可由右手螺旋定则来判定。判定的方法是：右手握住螺线管，使四指弯曲的方向和线圈中电流方向一致，而伸长的拇指所指的方向，就是螺线管内磁力线的方向，见图(1—16b)。

电流周围空间存在磁场，反映了电与磁不可分割的内在联系。近代科学证明，磁钢产生磁场也是起源于电。磁钢的磁场就是内部分子电流磁场的叠加。所以，磁场总是伴随着电流而存在，而电流则永远被磁场所包围。